

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-284191

(43)公開日 平成9年(1997)10月31日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 B 7/08

H 0 4 B 7/08

D

H 0 4 L 1/06

H 0 4 L 1/06

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平8-91577

(22)出願日 平成8年(1996)4月12日

(71)出願人 000004352

日本放送協会

東京都渋谷区神南2丁目2番1号

(72)発明者 伊藤 泰宏

東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

(72)発明者 浜住 啓之

東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

(72)発明者 宮沢 寛

東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

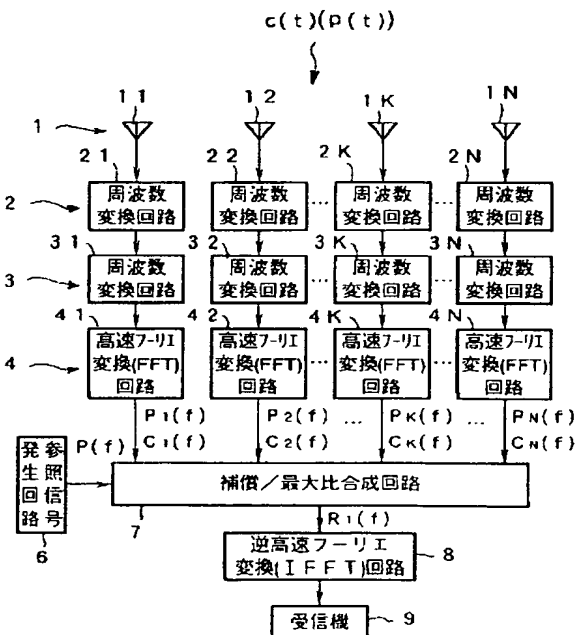
(74)代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54)【発明の名称】 ダイバーシチ受信装置

(57)【要約】

【課題】 ダイバーシチ受信装置に関し、マルチパスや周波数選択性フェージングによる影響を受信信号全体に対して抑制すること。

【解決手段】 受信アンテナ群1は参照信号 $p(t)$ を多重された信号 $c(t)$ を受信する。周波数変換回路群2、3は、それぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換する。FFT群4は、周波数変換回路群3からのそれぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割する。補償/最大合成比回路7は、それぞれのサブバンド分割信号について受信アンテナを含む伝送路の伝達関数に基づく補償と最大比合成を一括して行って合成受信信号 $R_1(f)$ を出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信側で参照信号を多重された信号を受信する複数の受信アンテナと、該複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換する変換手段とを備えたダイバーシチ受信装置であって、

前記変換手段からのそれぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割する分割手段と、

前記分割手段により得られたそれぞれのサブバンド分割信号について前記受信アンテナを含む伝送路の伝達関数に基づく補償と最大比合成とを一括して行って合成受信信号を出力する合成出力手段とを具備したことを特徴とするダイバーシチ受信装置。

【請求項 2】 前記合成出力手段は前記参照信号と同一波形の信号を周波数領域信号に変換した他の参照信号を発生する参照信号発生手段を含み、前記複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号から得られた周波数領域の受信信号および参照信号、並びに前記参照信号発生手段からの前記周波数領域の他の参照信号を用いて前記合成受信信号を出力することを特徴とする請求項 1 に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項 3】 前記参照信号を多重された信号はシングルキャリア変調信号であると共に前記分割手段は複数の高速フーリエ変換回路からなり、前記合成出力手段からの出力を逆高速フーリエ変換する手段を具備したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項 4】 前記シングルキャリア変調信号は、前記参照信号を時分割多重またはスペクトル拡散多重されていることを特徴とする請求項 3 に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項 5】 前記参照信号を多重された信号は、直交周波数多重変調信号であると共に前記分割手段は複数の高速フーリエ変換回路からなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項 6】 前記直交周波数多重変調信号は、前記参照信号を時分割多重またはスペクトル拡散多重されていることを特徴とする請求項 5 に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項 7】 伝送信号を受信する複数の受信アンテナと、該複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換する変換手段とを備えたダイバーシチ受信装置であって、前記変換手段からのそれぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割する分割手段と、前記分割手段により得られたそれぞれのサブバンド分割信号について最大比合成を一括して行って合成受信信号を出力する合成出力手段とを具備したことを特徴とするダイバーシチ受信装置。

【請求項 8】 前記合成出力手段は前記分割手段からの

信号を差動復調および振幅補償する差動復調／振幅補償手段を含み、前記差動復調／振幅補償手段からの信号を用いて前記合成受信信号を出力することを特徴とする請求項 7 に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項 9】 前記伝送信号は、直交周波数多重差動変調信号であることを特徴とする請求項 7 に記載のダイバーシチ受信装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はダイバーシチ受信装置に関し、特に地上系広帯域通信や放送を移動受信するときなどにマルチパスや周波数選択性フェージングを軽減するためのダイバーシチ受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、移動受信などによるフェージングの影響を軽減するために用いるダイバーシチ受信装置の基本的な合成受信法として、選択合成、等利得合成、最大比合成という 3 つの合成受信方法が知られている(D. G. Brennan: "Linear diversity combining techniques", Proc. IRE, 47, pp.1075-1102 (June 1959))。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のダイバーシチ受信装置における合成受信方法では、受信信号全体のレベル低下を改善することはできても、受信信号スペクトラムの一部のレベル低下を改善することはできなかった。すなわち、同じマルチパスやフェージングを受けても、受信信号全体のレベル低下となる狭帯域信号に対する改善効果は大きかったものの、受信信号スペクトラムの一部にレベル低下が生じるような広帯域信号に対する改善効果はあまり期待できなかった。

【0004】本発明は、上述の点に鑑みて成されたもので、マルチパスやフェージング環境下で広帯域信号を受信する場合にも、狭帯域信号受信の場合と同様に大きな改善効果を得ることのできるダイバーシチ受信装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の装置は、送信側で参照信号を多重された信号を受信する複数の受信アンテナと、該複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換する変換手段とを備えたダイバーシチ受信装置であって、前記変換手段からのそれぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割する分割手段と、前記分割手段により得られたそれぞれのサブバンド分割信号について前記受信アンテナを含む伝送路の伝達関数に基づく補償と最大比合成とを一括して行って合成受信信号を出力する合成出力手段とを具備した構成とした。

【0006】また、本発明の装置では、前記合成出力手段は前記参照信号と同一波形の信号を周波数領域の信号に変換した他の参照信号を発生する参照信号発生手段を

含み、前記複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号から得られた周波数領域の受信信号および参照信号、並びに前記参照信号発生手段からの前記周波数領域の他の参照信号を用いて前記合成受信信号を出力する構成とした。

【0007】また、本発明の装置では、前記参照信号を多重された信号はシングルキャリア変調信号であると共に前記分割手段は複数の高速フーリエ変換回路からなり、前記合成出力手段からの出力を逆高速フーリエ変換する手段を具備した構成とした。

【0008】また、本発明の装置では、前記シングルキャリア変調信号は、前記参照信号を時分割多重またはスペクトル拡散多重されている構成とした。

【0009】また、本発明の装置では、前記参照信号を多重された信号は、直交周波数多重変調信号であると共に、前記分割手段は複数の高速フーリエ変換回路からなる構成とした。

【0010】また、本発明の装置では、前記直交周波数多重変調信号は、前記参照信号を時分割多重またはスペクトル拡散多重されている構成とした。

【0011】また、本発明の装置は、伝送信号を受信する複数の受信アンテナと、該複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換する変換手段とを備えたダイバーシチ受信装置であって、前記変換手段からのそれぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割する分割手段と、前記分割手段により得られたそれぞれのサブバンド分割信号について最大比合成を一括して行って合成受信信号を出力する合成出力手段とを具備した構成とした。

【0012】また、本発明の装置では、前記合成出力手段は前記分割手段からの信号を差動復調および振幅補償する差動復調／振幅補償手段を含み、前記差動復調／振幅補償手段からの信号を用いて前記合成受信信号を出力する構成とした。

【0013】また、本発明の装置では、前記伝送信号は、直交周波数多重差動変調信号である構成とした。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0015】（第1の実施の形態）図1は本発明によるダイバーシチ受信装置の第1の実施の形態を示すブロック図である。

【0016】図1のダイバーシチ受信装置は、チャープ、 $\sin x/x$ 、疑似ランダムノイズなどの周波数特性が平坦な参照信号が送信側で時分割多重またはスペクトル拡散多重されたAM、PM、FM、PSK変調、QAM (Quadrature Amplitude Modulation : 直交振幅変調)、VSB (Vestigial Sideband : 残留側波帯) 変調などのシングルキャリア変調信号の受信に対応したサブバンド分割合成方式のダイバーシチ受信装置の一例で

ある。

【0017】なお、チャープ信号を元にした信号を時分割多重してゴースト除去用参照信号 (GCR信号) として用いる例は、米国特許第5, 121, 211号 (David Koo, 1992年6月9日) に見られる。また、 $\sin x/x$  をGCR信号として応用する例は、H. Miyazawa, et al: "Development of a Ghost Cancel Reference Signal for TV Broadcasting", IEEE Trans. BC-35, 4, pp.339-347 (Dec. 1989)に見られる。

10 【0018】図1に示すダイバーシチ受信装置は、複数の受信アンテナでダイバーシチを構成する受信アンテナ群1と、各受信アンテナから受信されたそれぞれの高周波 (RF) 受信信号を中間周波 (IF) 帯に変換する周波数変換回路群2と、IF帯に変換されたこれらの受信信号をベースバンド信号に周波数変換する周波数変換回路群3と、これらのベースバンド信号を周波数領域信号に変換する高速フーリエ変換 (FFT) 回路群4と、送信信号に多重された参照信号と同一波形の信号を周波数領域信号に変換した他の参照信号P (f) を発生する参照信号発生回路6と、周波数領域信号に変換された参照信号および受信信号、並びに参照信号発生回路6からの他の参照信号P (f) を用いて補償および最大比合成を行う補償／最大比合成回路7と、補償および最大比合成された受信信号を時間領域信号に変換する逆高速フーリエ変換 (IFFT) 回路8と、時間領域に逆変換された受信信号を復調する受信機9とを備えており、ダイバーシチ受信した各受信信号の合成受信をサブバンド分割合成方式により行う。

30 【0019】受信アンテナ群1は受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nで構成されており、マルチパスやフェージングを受けたシングルキャリア変調信号c (t) と多重された参照信号p (t) とを受信する。ここで、受信アンテナ群1の各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nは、受信信号間の相関を少なくするため、互いに受信信号の搬送波の半波長以上離間させて配置してあるものとする。また、送信側で多重される参照信号は、受信側の参照信号発生回路6により発生される他の参照信号を時間領域に変換した信号と同一波形とする。各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nが受信する参照信号は、マルチパスや周波数選択性フェージングによる周波数特性の乱れにより、後述の通り一般的に異なった周波数特性となる。

40 【0020】周波数変換回路群2は周波数変換回路21, 22, ..., 2K, ..., 2Nで構成されており、各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nにより受信された参照信号p (t) をRF信号からIF信号に変換する。IF信号の周波数帯域は予め設定されている。周波数変換回路群3は周波数変換回路31, 32, ..., 3K, ..., 3Nからなり、IF信号をベースバンド信号に周波数変換する。ベースバンド信号に変換された各受信アンテナ1

5

1, 12, ..., 1K, ..., 1Nからの参照信号 $p(t)$ は、  
高速フーリエ変換回路41, 42, ..., 4K, ..., 4Nから\*

$$P_1(f), P_2(f), \dots, P_k(f), \dots, P_N(f) \quad (1)$$

に変換される。(1)式の周波数領域の参照信号 $P_k(f)$  ( $k=1, \dots, N$ )は、各受信アンテナの受信信号を離散フーリエ変換し、周波数領域のサブバンドに分割したものになっている。

【0021】ここで、図2は送信側が有する参照信号発生回路が発生した周波数領域の参照信号 $P(f)$ と、各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nからの参照信号 $p(t)$ から得られる周波数領域の参照信号 $P_1(f), P_2(f), \dots, P_k(f), \dots, P_N(f)$ の一例を示す図である。

【0022】図2に示すように、各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nからの参照信号 $p(t)$ から得られる周波数領域の参照信号 $P_k(f)$ は、マルチパスや周波数選択性フェージングによる周波数特性の乱れにより送信側が有する参照信号発生回路が発生した参照信号 $P(f)$ と相違し、一般的にそれぞれ異なった周波数特性となる。これは、各受信アンテナが受信信号の搬送波※20

$$P_k(f) = H_k(f) P(f)$$

となる。

【0025】また、シングルキャリア変調信号 $c(t)$ をダイバーシチを構成する受信アンテナ群1によって受信し、受信されたシングルキャリア変調信号 $c(t)$ を周波数変換回路群2によりRF信号からIF信号に変換する。さらに周波数変換回路群3によりIF信号をベ-

$$C_1(f), C_2(f), \dots, C_k(f), \dots, C_N(f) \quad (3)$$

に変換される。

【0026】補償/最大比合成回路7では、まず、受信アンテナ1Kによる周波数領域の受信信号 $C_k(f)$ に☆

$$E_k(f) = C_k(f) / H_k(f) \quad (k=1, \dots, N) \quad (4)$$

となる。式(2)により求めた伝達関数 $H_k(f)$ を式(4)に代入すると、

$$E_k(f) = P(f) C_k(f) / P_k(f) \quad (5)$$

となる。

【0027】ここで、各受信アンテナの受信出力を補償した信号 $E_k(f)$  ( $k=1, 2, \dots, N$ )を各受信アンテナにより受信された参照信号を周波数領域信号に変換した参照信号 $P_k(f)$  ( $k=1, 2, \dots, N$ )で重\*

$$R_1(f) = \frac{\sum_{k=1}^N |P_k(f)|^2 E_k(f)}{\sum_i |P_i(f)|^2} \quad (6)$$

【0029】ここで、分母 $\sum |P_i(f)|^2$ は規格化係数である。式(6)に式(5)を代入すると、

6

\*なる高速フーリエ変換(FFT)回路群4によりそれぞれ周波数領域の参照信号

※の半波長以上離れているため、各受信アンテナに入来する電波の位相間の相関が低くなり、搬送波とマルチパスの間に位相差が生じてくるためである。

【0023】そこで、各受信アンテナからの周波数領域の受信信号を帯域ごとに最大比合成することで、受信特性の優れた部分を最大限に活用すると共に受信特性の乱れを相補い、マルチパスや周波数選択性フェージングの影響を抑えた良好な合成受信信号を得ることができる。

【0024】ここで、受信された参照信号 $p(t)$ の基になった周波数領域の参照信号、すなわち参照信号発生回路6からの他の参照信号を $P(f)$ とし、受信アンテナ1Kで受信した場合の伝送路(送信側での参照信号の発生から、受信アンテナ1Kで受信してから高速フーリエ変換回路4Kで周波数領域に変換されるまで)の伝達関数を $H_k(f)$  ( $k=1, \dots, N$ )とすると、受信アンテナ1Kによる周波数領域の参照信号 $P_k(f)$  ( $k=1, \dots, N$ )は、

$$(2)$$

☆スバンド信号に周波数変換すると、ベースバンド信号に変換された各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nからの受信信号は、高速フーリエ変換(FFT)回路群4により周波数領域の受信信号 $C_k(f)$  ( $k=1, \dots, N$ )

☆対し、サブバンド分割された帯域ごとに、周波数領域において伝達関数 $H_k(f)$ を用いて補償(波形等化)することができる。補償後の信号を $E_k(f)$ とすると、

\*み付けすることにより、周知の最大比合成を行う。すなわち、周波数領域の合成受信信号 $R_1(f)$ は、

【0028】

【数1】

【0030】

【数2】

$$R_i(f) = \frac{P(f) \sum_{k=1}^N P_k^*(f) C_k(f)}{\sum_i |P_i(f)|^2} \quad (7)$$

【0031】となる。ただし、 $P_i^*(f)$  は参照信号  $P_i(f)$  の複素共役を示す。

【0032】すなわち、高速フーリエ変換 (FFT) 回路群4から得られた周波数領域に変換された参照信号および受信信号、並びに参照信号発生回路6から発生した受信された参照信号  $p(t)$  の基になった周波数領域の参照信号と同じ他の参照信号  $P(f)$  を用いて、補償/最大比合成回路7において式(7)に示されるような演算をまとめて行うならば、受信信号のサブバンド分割された帯域ごとに、その全帯域について補償および最大比合成が一括してなされることになる。

【0033】規格化係数  $\sum |P_i(f)|^2$  は、参照信号を受信した場合の全受信アンテナの合成受信出力を示すが、これがゼロとなる確率は、単独の受信アンテナによる参照信号  $P_i(f)$  がゼロとなる確率よりも低い。したがって、各受信アンテナによる受信出力を式(5)を用いて補償した後で最大比合成を別々に行うよりも、各受信アンテナの受信出力について式(7)を用いて補償と最大比合成を一括して行う方が演算不能となる確率が低く、安定な動作を期待することができる。

【0034】最大比合成された受信信号は周波数領域の信号であるため、逆高速フーリエ変換 (IFFT) 回路8により時間領域の信号に戻し、時間領域に逆変換された信号を受信機9により復調する。

【0035】このように本実施の形態によれば、受信アンテナ群1によって受信された参照信号が多重されたシングルキャリア変調信号をベースバンド信号に周波数変換し、高速フーリエ変換 (FFT) 回路4により参照信号および受信信号を周波数領域の信号に変換し、参照信号発生回路6より得られた参照信号を用いて補償/最大比合成回路7によって帯域ごとに補償/最大比合成を行った後、逆高速フーリエ変換 (IFFT) 回路8によって時間領域の信号に逆変換してから通常の復調を行うことにより、従来のダイバーシチ受信における合成受信方式では除去できなかったマルチパスや周波数選択性フェージングによる符号間干渉の影響を抑えることができる。

【0036】(第2の実施の形態) 図3は本発明によるダイバーシチ受信装置の第2の実施の形態を示すブロック図である。

【0037】図3に示すダイバーシチ受信装置は、チャープ、 $\sin x/x$ 、疑似ランダムノイズなどの周波数特性が平坦な参照信号が送信側で時分割多重またはスペクトル拡散多重されたOFDM (直交周波数多重: Orthogonal Frequency Division Multiplex) 変調方式信号

の受信に対応したサブバンド分割合成方式のダイバーシチ受信装置の一例である。

【0038】図3に示すダイバーシチ受信装置は、複数の受信アンテナでダイバーシチを構成する受信アンテナ群1と、各受信アンテナから受信されたそれぞれの高周波 (RF) 受信信号を中間周波 (IF) 帯に変換する周波数変換回路群2と、IF帯に変換されたこれらの受信信号をベースバンド信号に周波数変換する周波数変換回路群3と、これらのベースバンド信号を周波数領域信号に変換する高速フーリエ変換 (FFT) 回路群4と、送信信号に多重された参照信号と同一波形の信号を周波数領域信号に変換した参照信号  $P(f)$  を発生する参照信号発生回路6と、周波数領域信号に変換された参照信号および受信信号、並びに参照信号発生回路6からの他の参照信号  $P(f)$  を用いて補償および最大比合成を行う補償/最大比合成回路7aと、補償および最大比合成された周波数領域の受信信号を復調する受信機9aとを備えており、ダイバーシチ受信した各受信信号の合成受信をサブバンド分割合成方式により行う。

【0039】受信アンテナ群1は受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nで構成されており、マルチパスやフェージングを受けたOFDM変調信号  $c(t)$  に多重された参照信号  $p(t)$  を受信する。ここで、受信アンテナ群1の各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nは、受信信号間の相関を少なくするため、互いに受信信号の搬送波の半波長以上離間させて配置してあるものとする。また、送信側で多重される参照信号は、受信側の参照信号発生回路6により発生される他の参照信号を時間領域に変換した信号と同一波形とする。各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nが受信する参照信号は、マルチパスや周波数選択性フェージングによる周波数特性の乱れにより、後述の通り一般的に異なった周波数特性となる。

【0040】周波数変換回路群2は周波数変換回路21, 22, ..., 2K, ..., 2Nで構成されており、各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nにより受信された参照信号  $p(t)$  をRF信号からIF信号に変換する。IF信号の周波数帯域は予め設定されている。周波数変換回路群3は周波数変換回路31, 32, ..., 3K, ..., 3Nからなり、IF信号をベースバンド信号に周波数変換する。ベースバンド信号に変換された各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nからの参照信号  $p(t)$  は、高速フーリエ変換回路41, 42, ..., 4K, ..., 4Nからなる高速フーリエ変換 (FFT) 回路群4によりそれぞれ周波数領域の参照信号

$$P_1(f), P_2(f), \dots, P_k(f), \dots, P_N(f) \quad (8)$$

に変換される。

【0041】(8)式の周波数領域の参照信号 $P_k$

( $f$ ) ( $k=1, \dots, N$ )は、各受信アンテナの受信信号を離散フーリエ変換し、周波数領域のサブバンドに分割したものになっている。

【0042】このとき、マルチパスや周波数選択性フェージングによる周波数特性の乱れにより、各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nからの参照信号 $p(t)$ から得られる周波数領域の参照信号 $P_k(f)$ は、図2に示したように一般的に異なった周波数特性となる。これは、各受信アンテナが受信信号の搬送波の半波長以上離れているため、各受信アンテナに入来する電波の位相間の相関が低くなり、搬送波とマルチパスの間に位相差が生じてくるためである。そこで、各受信アンテナから\*

$$P_k(f) = H_k(f) P(f) \quad (9)$$

となる。

【0044】また、OFDM変調信号 $c_i(t)$ をダイバシチを構成する受信アンテナ群1によって受信し、受信されたOFDM変調信号 $c_i(t)$ を周波数変換回

$$C_{o1}(f), C_{o2}(f), \dots, C_{ok}(f), \dots, C_{oN}(f) \quad (10)$$

に変換される。

【0045】補償/最大比合成回路7aでは、まず、受信アンテナ1Kによる周波数領域の受信信号 $C_{ok}(f)$ に対し、サブバンド分割された帯域ごとに、周波数領域☆

$$E_{ok}(f) = C_{ok}(f) / H_k(f) \quad (11)$$

となる。式(9)により求めた伝達関数 $H_k(f)$ を式☆(11)に代入すると、

$$E_{ok}(f) = P(f) C_{ok}(f) / P_k(f) \quad (12)$$

となる。

【0046】ここで、各受信アンテナの受信出力を補償した信号 $E_{ok}(f)$  ( $k=1, 2, \dots, N$ )を各受信アンテナにより受信された参照信号を周波数領域信号に変換した参照信号 $P_k(f)$  ( $k=1, 2, \dots, N$ )で重◆

$$R_2(f) = \frac{\sum_{k=1}^N |P_k(f)|^2 E_{ok}(f)}{\sum_i |P_i(f)|^2} \quad (13)$$

【0048】ここで、分母 $\sum |P_i(f)|^2$ は規格化 \* 【0049】  
係数である。式(13)に式(12)を代入すると、 \* 【数4】

$$R_2(f) = \frac{P(f) \sum_{k=1}^N P_k^*(f) C_{ok}(f)}{\sum_i |P_i(f)|^2} \quad (14)$$

【0050】となる。ただし、 $P_k^*(f)$ は参照信号 $P_k(f)$ の複素共役を示す。

【0051】すなわち、高速フーリエ変換(FFT)回

\*の受信信号を帯域ごとに最大比合成することで、受信特性の優れた部分を最大限に活用すると共に受信特性の乱れを相補い、マルチパスや周波数選択性フェージングの影響を抑えた良好な合成受信信号を得ることができる。

【0043】ここで、受信された参照信号 $p(t)$ の基になった周波数領域の参照信号、すなわち参照信号発生回路6からの他の参照信号を $P(f)$ とし、受信アンテナ1Kで受信した場合の伝送路(送信側での参照信号の発生から、受信アンテナ1kで受信してから高速フーリエ変換回路4Kで周波数領域に変換されるまで)の伝達関数を $H_k(f)$  ( $k=1, \dots, N$ )とすると、受信アンテナ1Kによる周波数領域の参照信号 $P_k(f)$  ( $k=1, \dots, N$ )は

\* 周波数変換回路群3によりIF信号をベースバンド信号に周波数変換すると、ベースバンド信号に変換された各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nからの受信信号は、高速フーリエ変換(FFT)回路群4により周波数領域の受信信号 $C_{ok}(f)$  ( $k=1, \dots, N$ )

☆において伝達関数 $H_k(f)$ を用いて補償(波形等化)することができる。補償後の信号を $E_{ok}(f)$ とすると、

30◆ み付けすることにより、周知の最大比合成を行う。すなわち、周波数領域の合成受信信号 $R_2(f)$ は、  
【0047】  
【数3】

路群4から得られた周波数領域に変換された参照信号および受信信号、並びに参照信号発生回路6から発生した送信された参照信号 $p(t)$ の基になった周波数領域の

参照信号と同じ参照信号 $P(f)$ を用いて、補償/最大比合成回路7aにおいて式(14)に示されるような演算を一括して行うならば、受信信号のサブバンド分割された帯域ごとに、その全帯域について補償および最大比合成がなされることになる。

【0052】規格化係数 $\Sigma |P_i(f)|^2$ は、参照信号を受信した場合の全受信アンテナの合成受信出力を示すが、これがゼロとなる確率は、単独の受信アンテナによる参照信号 $P_i(f)$ がゼロとなる確率よりも低い。したがって、各受信アンテナによる受信出力を式(12)を用いて補償した後で最大比合成を別々に行うよりも、各受信アンテナの受信出力について式(14)を用いて補償と最大比合成を一括して行う方が演算不能となる確率が低く、安定な動作を期待することができる。最大比合成された周波数領域の受信信号は、受信機9aにより復調される。

【0053】このように本実施の形態によれば、受信アンテナ群1によって受信された参照信号が多重されたOFDM変調信号をベースバンド信号に周波数変換し、高速フーリエ変換(FFT)回路4により参照信号および受信信号を周波数領域の信号に変換し、参照信号発生回路6より得られた参照信号を用いて補償/最大比合成回路7aによって帯域ごとに補償/最大比合成を行ってから復調を行うことにより、従来のダイバーシチ受信における合成方式では除去できなかったマルチパスや周波数選択性フェージングによる符号間干渉の影響を抑えることができる。

【0054】(第3の実施の形態)図4は本発明によるダイバーシチ受信装置の第3の実施の形態を示すブロック図である。

【0055】図4に示すダイバーシチ受信装置は、OFDM差動変調方式信号の受信に対応したサブバンド分割合成方式のダイバーシチ受信装置の一例である。

【0056】図4に示すダイバーシチ受信装置は、複数\*

$$C_{o,d1}(f), C_{o,d2}(f), \dots, C_{o,dK}(f), \dots, C_{o,dN}(f)$$

(15)

に変換される。(15)式の周波数領域の受信信号 $C_{o,dk}(f)$ は、各受信アンテナの受信信号を離散フーリエ変換し、周波数領域のサブバンドに分割したものである。これらの受信信号 $C_{o,dk}(f)$  ( $k=1, \dots, \times 40$ )

$$D_1(f), D_2(f), \dots, D_K(f), \dots, D_N(f) \quad (16)$$

として出力される。これを各受信アンテナから受信された受信信号から得られた周波数領域の受信信号 $C_{o,dk}(f)$  ( $k=1, 2, \dots, N$ )で重み付けすることにより、最大比合成を行う。すなわち、周波数領域の合成受★

$$R_s(f) = \frac{\sum_{k=1}^N |C_{o,dk}(f)|^2 D_k(f)}{\sum_i |C_i(f)|^2} \quad (17)$$

\*の受信アンテナでダイバーシチを構成する受信アンテナ群1と、各受信アンテナから受信されたそれぞれの高周波(RF)受信信号を中間周波(IF)帯に変換する周波数変換回路群2と、IF帯に変換されたこれらの受信信号をベースバンド信号に周波数変換する周波数変換回路群3と、これらのベースバンド信号を周波数領域信号に変換する高速フーリエ変換(FFT)回路群4と、これらの周波数領域信号に変換された受信信号を差動復調および振幅補償する差動復調/振幅補償回路5と、これらの差動復調および振幅補償された受信信号を最大比合成する最大比合成回路10と、最大比合成された周波数領域の受信信号を復調する受信機9aとを備えており、ダイバーシチ受信した各受信信号の合成受信をサブバンド分割合成方式により行う。

【0057】受信アンテナ群1は受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nで構成されており、マルチパスやフェージングを受けたOFDM差動変調信号 $c_{od}(t)$ を受信する。ここで、受信アンテナ群1の各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nは、受信信号間の相関を少なくするため、互いに受信信号の搬送波の半波長以上離間させて配置してあるものとする。

【0058】周波数変換回路群2は周波数変換回路21, 22, ..., 2K, ..., 2Nで構成されており、各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nにより受信された受信信号をRF信号からIF信号に変換する。IF信号の周波数帯域は予め設定されている。周波数変換回路群3は周波数変換回路31, 32, ..., 3K, ..., 3Nからなり、IF信号をベースバンド信号に周波数変換する。ベースバンド信号に変換された各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nからの受信信号は、高速フーリエ変換回路41, 42, ..., 4K, ..., 4Nからなる高速フーリエ変換(FFT)回路群4によりそれぞれ周波数領域の受信信号 $C_{o,dk}(f)$  ( $k=1, \dots, N$ )

※...N)は、差動復調/振幅補償回路5により差動復調および振幅補償されて、差動復調信号 $D_k(f)$  ( $k=1, \dots, N$ )

★信号 $R_s(f)$ は、

【0059】

【数5】

【0060】となる。ここで、分母 $\sum |C_i(f)|^2$ は規格化係数である。

【0061】すなわち、高速フーリエ変換(FFT)回路群4から得られた周波数領域に変換された受信信号、および差動復調／振幅補償回路5から得られた差動復調信号を用いて、最大比合成回路10において式(17)に示されるような演算を行うならば、受信信号のサブバンド分割された帯域ごとに、その全帯域について最大比合成がなされることになる。最大比合成された周波数領域の受信信号は、受信機9aにより復調される。

【0062】このように本実施の形態によれば、受信アンテナ群1によって受信されたOFDM差動変調信号をベースバンド信号に周波数変換し、高速フーリエ変換(FFT)回路4により受信信号を周波数領域の信号に変換し、差動復調／振幅補償回路5の出力を重み付けして最大比合成回路10によって帯域ごとに最大比合成を行ってから復調を行うことにより、従来のダイバーシチ受信装置の合成受信方式では除去できなかったマルチパスや周波数選択性フェージングによる符号間干渉の影響を抑えることができる。

【0063】このように、本発明の各実施の形態では、マルチパスや周波数選択性フェージングを伴う広帯域信号の伝送の際に複数の受信アンテナで空間ダイバーシチを構成して合成受信を行う場合、個々の受信アンテナの受信出力を離散フーリエ変換し、周波数領域のサブバンドに分割した上でそれぞれの帯域ごとに補償と最大比合成(または最大比合成)を行うことにより、従来のダイバーシチ受信における合成方式に比べ、改善効果の大きなダイバーシチ受信が可能となる。本発明の技術は、現行地上系テレビジョン放送の移動受信装置、FPU(Field Pick-upUnit)の受信部、あるいは将来のQAM、VSBあるいはOFDM方式による地上系テレビジョン放送を移動受信装置やポータブル受信装置で受信する際に、受信率を大幅に改善することができる、極めて有用な技術である。

【0064】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明によれば、送信側で参照信号を多重された信号を複数の受信アンテナで受信し、それぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換し、それぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割し、それぞれのサブバンド分割信号につ

と最大比合成とを一括して行って合成受信信号を出力している、マルチパスやフェージング環境下で広帯域信号を受信する場合にも安定に動作して、狭帯域信号受信の場合と同様に大きな改善効果を得ることができる。

【0065】また、本発明によれば、伝送信号を複数の受信アンテナで受信し、それぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換し、それぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割し、それぞれのサブバンド分割信号について最大比合成を一括して行って合成受信信号を出力している、マルチパスやフェージング環境下で広帯域信号を受信する場合にも安定に動作して、狭帯域信号受信の場合と同様に大きな改善効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるダイバーシチ受信装置の第1の実施の形態を示すブロック図である。

【図2】送信側が有する参照信号発生回路が発生した周波数領域の参照信号 $P_i(f)$ と、各受信アンテナ11, 12, ..., 1K, ..., 1Nからの参照信号 $p(t)$ から得られる周波数領域の参照信号 $P_1(f), P_2(f), \dots, P_K(f), \dots, P_N(f)$ の一例を示す図である。

【図3】本発明によるダイバーシチ受信装置の第2の実施の形態を示すブロック図である。

【図4】本発明によるダイバーシチ受信装置の第3の実施の形態を示すブロック図である。

【符号の説明】

1 受信アンテナ群

11, 12, 1K, 1N 受信アンテナ

2, 3 周波数変換回路群

21, 22, 2K, 2N, 31, 32, 3K, 3N 周波数変換回路

4 高速フーリエ変換(FFT)回路群

41, 42, 4K, 4N 高速フーリエ変換(FFT)回路

5 差動復調／振幅補償回路群

51, 52, 5K, 5N 差動復調／振幅補償回路

6 参照信号発生回路

7, 7a 補償／最大比合成回路

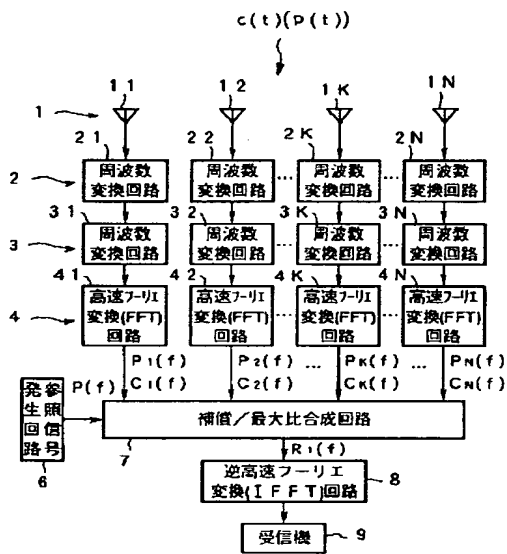
8 逆高速フーリエ変換(IFFT)回路

9, 9a 受信機

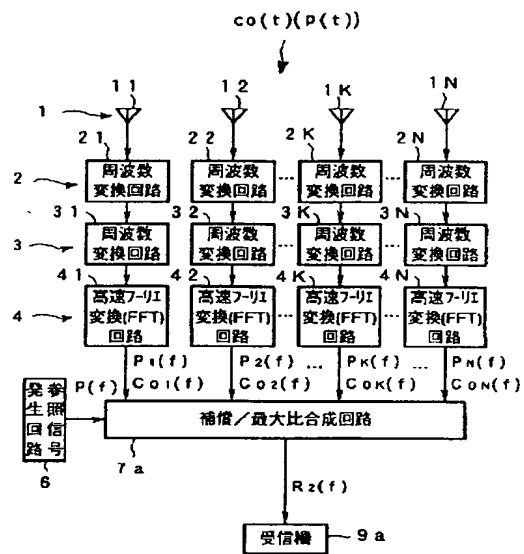
10 最大比合成回路



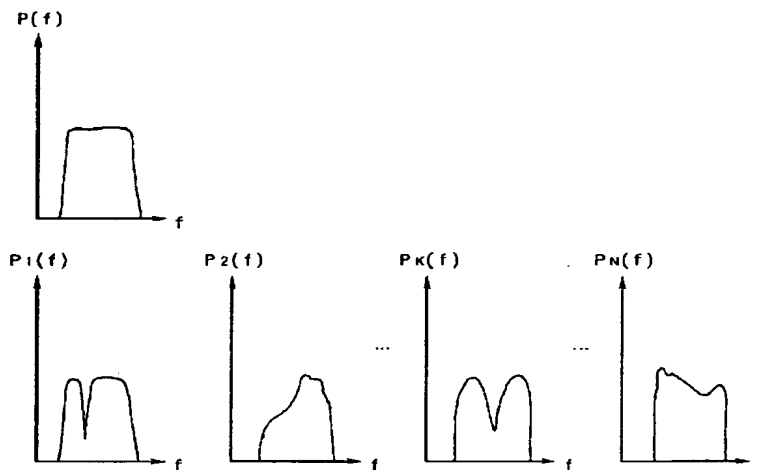
【図1】



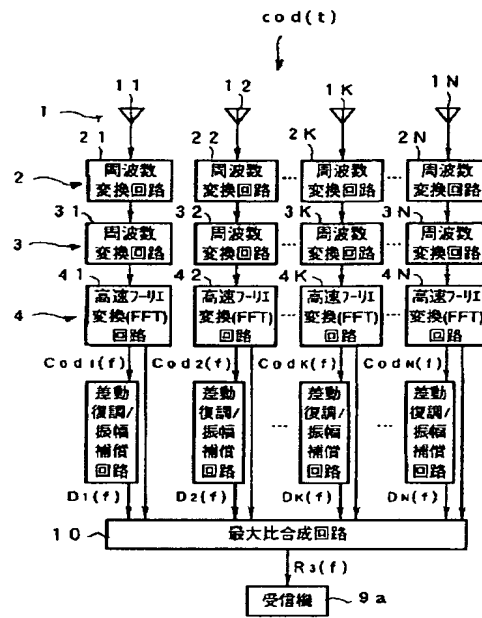
【図3】



【図2】



【図4】



【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 7 部門第 3 区分  
 【発行日】平成 13 年 4 月 27 日 (2001. 4. 27)

【公開番号】特開平 9 - 2 8 4 1 9 1  
 【公開日】平成 9 年 10 月 31 日 (1997. 10. 31)  
 【年通号数】公開特許公報 9 - 2 8 4 2  
 【出願番号】特願平 8 - 9 1 5 7 7  
 【国際特許分類第 7 版】

H04B 7/08

H04L 1/06

【F I】

H04B 7/08 D

H04L 1/06

【手続補正書】

【提出日】平成 12 年 3 月 29 日 (2000. 3. 29)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信側で参照信号を多重された信号を受信する複数の受信アンテナと、該複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換する変換手段とを備えたダイバーシチ受信装置であって、

前記変換手段からのそれぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割する分割手段と、

前記分割手段により得られたそれぞれのサブバンド分割信号について前記受信アンテナを含む伝送路の伝達関数に基づく補償と最大比乃至等利得合成とを一括して行って合成受信信号を出力する合成出力手段とを具備したことを特徴とするダイバーシチ受信装置。

【請求項 2】 前記合成出力手段は前記参照信号と同一波形の信号を周波数領域信号に変換した他の参照信号を発生する参照信号発生手段を含み、前記複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号から得られた周波数領域の参照信号と前記参照信号発生手段からの前記周波数領域の他の参照信号との比を用いて前記伝達関数を生成することを特徴とする請求項 1 に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項 3】 前記参照信号を多重された信号はシングルキャリア変調信号であると共に前記分割手段は複数の高速フーリエ変換回路からなり、前記合成出力手段からの出力を逆高速フーリエ変換する手段を具備したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項 4】 前記参照信号を多重された信号は、直交周波数多重変調信号であると共に前記分割手段は複数の高速フーリエ変換回路からなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項 5】 前記参照信号を時分割多重またはスペクトル拡散多重された信号を受信することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のダイバーシチ受信装置。

【請求項 6】 直交周波数多重差動変調信号である伝送信号を受信する複数の受信アンテナと、該複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換する変換手段とを備えたダイバーシチ受信装置であって、

前記変換手段からのそれぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割する分割手段と、

前記分割手段からの信号を差動復調および振幅補償する差動復調／振幅補償手段からの信号を用いて前記分割手段により得られたそれぞれのサブバンド分割信号について最大比乃至等利得合成を一括して行って合成受信信号を出力する合成出力手段と

を具備したことを特徴とするダイバーシチ受信装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の装置は、送信側で参照信号を多重された信号を受信する複数の受信アンテナと、該複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換する変換手段とを備えたダイバーシチ受信装置であって、前記変換手段からのそれぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割する分割手段と、前記分割手

段により得られたそれぞれのサブバンド分割信号について前記受信アンテナを含む伝送路の伝達関数に基づく補償と最大比乃至等利得合成とを一括して行って合成受信信号を出力する合成出力手段とを具備した構成とした。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】また、本発明の装置では、前記合成出力手段は前記参照信号と同一波形の信号を周波数領域信号に変換した他の参照信号を発生する参照信号発生手段を含み、前記複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号から得られた周波数領域の参照信号と前記参照信号発生手段からの前記周波数領域の他の参照信号との比を用いて前記伝達関数を生成する構成とした。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】また、本発明の装置では、前記参照信号を多重された信号は、直交周波数多重変調信号であると共に前記分割手段は複数の高速フーリエ変換回路からなる構成とした。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】また、本発明の装置では、前記参照信号を時分割多重またはスペクトル拡散多重された信号を受信する構成とした。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】削除

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】また、本発明の装置は、直交周波数多重差動変調信号である伝送信号を受信する複数の受信アンテナと、該複数の受信アンテナによるそれぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換する変換手段とを備えたダイバーシチ受信装置であって、前記変換手段からのそれぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割する分割手段と、前記分割手段からの信号を差動復調および振幅補償する差動復調／振幅補償手段からの信号を用い

て前記分割手段により得られたそれぞれのサブバンド分割信号について最大比乃至等利得合成を一括して行って合成受信信号を出力する合成出力手段とを具備した構成とした。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】削除

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】削除

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】図1のダイバーシチ受信装置は、CW (Continuous Wave)、チャープ、 $\sin x/x$ 、疑似ランダムノイズなどの周波数特性が平坦な参照信号が送信側で時分割多重またはスペクトル拡散多重されたAM、PM、FM、PSK変調、QAM (Quadrature Amplitude Modulation: 直交振幅変調)、VSB (Vestigial Sideband: 残留側波帯) 変調などのシングルキャリア変調信号の受信に対応したサブバンド分割合成方式のダイバーシチ受信装置の一例である。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正内容】

【0037】図3に示すダイバーシチ受信装置は、CW、チャープ、 $\sin x/x$ 、疑似ランダムノイズなどの周波数特性が平坦な参照信号が送信側で時分割多重またはスペクトル拡散多重されたOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) 変調方式信号の受信に対応したサブバンド分割合成方式のダイバーシチ受信装置の一例である。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正内容】

【0038】図3に示すダイバーシチ受信装置は、複数の受信アンテナでダイバーシチを構成する受信アンテナ群1と、各受信アンテナから受信されたそれぞれの高周波(RF)受信信号を中間周波(IF)帯に変換する周波数変換回路群2と、IF帯に変換されたこれらの受信信号をベースバンド信号に周波数変換する周波数変換回路群3と、これらのベースバンド信号を周波数領域信号

に変換する高速フーリエ変換 (FFT) 回路群 4 と、送信信号に多重された参照信号と同一波形の信号を周波数領域信号に変換した他の参照信号  $P(f)$  を発生する参照信号発生回路 6 と、周波数領域信号に変換された参照信号および受信信号、並びに参照信号発生回路 6 からの他の参照信号  $P(f)$  を用いて補償および最大比合成を行う補償/最大比合成回路 7 a と、補償および最大比合成された周波数領域の受信信号を復調する受信機 9 a とを備えており、ダイバーシチ受信した各受信信号の合成受信をサブバンド分割合成方式により行う。

【手続補正 13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0063

【補正方法】変更

【補正内容】

【0063】このように、本発明の各実施の形態では、マルチパスや周波数選択性フェージングを伴う広帯域信号の伝送の際に複数の受信アンテナで空間ダイバーシチを構成して合成受信を行う場合、個々の受信アンテナの受信出力を離散フーリエ変換し、周波数領域のサブバンドに分割した上でそれぞれの帯域ごとに補償と最大比合成（または最大比合成）を行うことにより、従来のダイバーシチ受信における合成方式に比べ、改善効果の大きなダイバーシチ受信が可能となる。本発明の技術は、現行地上系テレビジョン放送の移動受信装置、FPU (Field Pick-up Unit) の受信部、あるいは将来の QAM、VSB あるいは OFDM 方式による地上系テレビジョン放送を移動受信装置やポータブル受信装置で受信する際に、受信率を大幅に改善することができる、極めて有用な技術である。なお、以上の各実施の形態ではサブバンド分割後の合成を最大比合成としたが、[従来の技術]でも説明したように等利得合成としてもよいことは勿論

である。

【手続補正 14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0064

【補正方法】変更

【補正内容】

【0064】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明によれば、送信側で参照信号を多重された信号を複数の受信アンテナで受信し、それぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換し、それぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割し、それぞれのサブバンド分割信号について受信アンテナを含む伝送路の伝達関数に基づく補償と最大比乃至等利得合成とを一括して行って合成受信信号を出力しているので、マルチパスやフェージング環境下で広帯域信号を受信する場合にも安定に動作して、狭帯域信号受信の場合と同様に大きな改善効果を得ることができる。

【手続補正 15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正内容】

【0065】また、本発明によれば、OFDM 差動変調方式の伝送信号を複数の受信アンテナで受信し、それぞれの受信信号を所定帯域の信号に周波数変換し、それぞれの変換信号を周波数領域のサブバンドに分割し、それぞれのサブバンド分割信号について最大比乃至等利得合成を一括して行って合成受信信号を出力しているので、マルチパスやフェージング環境下で広帯域信号を受信する場合にも安定に動作して、狭帯域信号受信の場合と同様に大きな改善効果を得ることができる。